昆 虫 学 报 *Acta Entomologica Sinica*, September 2013, 56(9): 1088 - 1100　　ISSN 0454-6296

三种花蓟马触角感器的超微结构

李维娜，冯纪年*

（西北农林科技大学植物保护学院，植保资源与病虫害治理教育部重点实验室，陕西杨凌 712100）

摘要：采用扫描电子显微镜对花蓟马 *Frankliniella intonsa*（Trybom）、禾花蓟马 *F. tenuicornis*（Uzel）和西花蓟马 *F. occidentalis*（Pergande）3 种国内危害严重的农业害虫的两性成虫触角感器超微结构进行观察和比较，旨在明确 3 种花蓟马两性成虫触角上的感器类型、数量、分布及超微形态特征，明晰 3 种花蓟马触角感器差异，进而补充蓟马感器详细资料、完善蓟马形态学研究。结果表明：3 种花蓟马两性成虫触角上均有 8 种感器类型，即 Böhm 氏鬃毛、钟形感器、毛形感器、刺形感器、锥形感器、腔锥形感器、腔形感器和特殊结构感器。触角各节上感器的分布和数量并不均匀。分析结果显示，各类感器在触角上的分布相对稳定，具有一定规律；近缘种间和同种两性间触角感器的形态及分布无明显差异。

关键词：花蓟马；禾花蓟马；西花蓟马；触角；感器；超微结构；扫描电镜

中图分类号：Q964　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：0454-6296(2013)09-1088-13

Ultrastructure of antennal sensilla in three species of *Frankliniella* Karny (Thysanoptera: Thripidae)

LI Wei-Na, FENG Ji-Nian* (Key Laboratory of Plant Protection Resources and Pest Management, Ministry of Education, College of Plant Protection, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: The type, number, distribution and ultra-morphology of antennal sensilla of both genders in three *Frankliniella* thrips, *i. e.*, *Frankliniella intonsa* (Trybom), *F. tenuicornis* (Uzel) and *F. occidentalis* (Pergande), which are serious agricultural pests in China, were observed and compared using scanning electron microscopy. Through the morphological observation and comparison, we hope to clarify the differences of sensilla among these species, supplement the detail information of thrips sensilla and perfect the researches on thrips morphology. The results showed that there are eight types of sensilla on the antenna of every species, *i. e.*, Böhm bristles, sensilla campaniformia, sensilla trichodea, sensilla chaetica, sensilla basiconica, sensilla coeloconica, sensilla cavity and unusual sensillum. The number and distribution of sensilla are uneven on each antennal segment. The analysis results revealed that every type of sensilla has a relatively stable distribution pattern, and there is no significant difference among closely-related species or between sexes.

Key words: *Frankliniella intonsa*; *Frankliniella tenuicornis*; *Frankliniella occidentalis*; antenna; sensilla; ultrastructure; scanning electron microscope (SEM)

花蓟马属 *Frankliniella* Karny 隶属缨翅目(Thysanoptera)蓟马科（Thripidae)，是世界性重要害虫，也是缨翅目害虫种类最多的属之一，世界已记录 200 多种，我国记录 8 种（张维球和曾玲，2004)。其中在我国分布广泛且危害严重的有 3 种，即花蓟马 *Frankliniella intonsa*（Trybom)、禾花蓟马 *F. tenuicornis*（Uzel)、西花蓟马 *F. occidentalis*（Pergande)。禾花蓟马主要寄主为水稻、玉米等禾本科作物，而本土种花蓟马和入侵种西花蓟马（蒋小龙等，2001；张友军等，2003）寄主涉及农作物、观赏植物、果树以及蔬菜，可以直接取食寄主，造成严重危害（任杰等，2006；袁成明等，2008；Reitz *et al.*, 2011)。此外，花蓟马和西花蓟马也是一些植物病毒的携带者和传播者，目前已知花蓟马可以携带传播 4 种 *Tospoviruses* 属植物病毒，西花蓟马可以传播 6 种（Reitz *et al.*, 2011)。由于花蓟马个体

基金项目：国家自然科学基金项目(3127344)；博士点基金项目(20090204110003)

作者简介：李维娜，女，1986 年生，河南焦作人，硕士，研究方向为昆虫系统学和形态学，E-mail：liweina622@163.com

* 通信作者 Corresponding author, E-mail：jinianf@nwsuaf.edu.cn

收稿日期 Received：2013-04-15；接受日期 Accepted：2013-07-02

小，隐蔽性强，对杀虫剂易产生抗性，目前常用的防治方法很难有效控制其危害。近年来，一些基于昆虫行为学、生态学研究，通过改变相关刺激调节昆虫行为，从而调控害虫或其天敌数量和分布的生物防治技术应运而生，并取得了良好成效（Cook *et al*., 2007）。

昆虫的感器可以接收并感知外界刺激，在监测和接收包括化学物质在内的环境条件中发挥着重要作用（Sato and Touhara, 2009）。感器在昆虫身体的不同部位均有分布（Zacharuk, 1985），但触角是昆虫感器最集中的部位，除了存在有大量的感知物理刺激的机械感器外，还分布着各种化学感器，是昆虫感知化学刺激的主要渠道，在昆虫的行为生态、交配、寄主的探寻与定位、取食过程中均发挥重要作用（Schneider, 1964；Zacharuk, 1985；Zacharuk and Shields, 1991；Anton, 2003；Jefferis, 2005）。

到目前为止，关于蓟马触角感器的报道很少，且多集中于20世纪90年代之前，由于各种技术条件限制，已有的文献资料多侧重于钟形感器、弦音器官等机械型感器上，未能全面介绍蓟马触角感器类型（Slifer and Sekhon, 1974；Heming, 1975；Bode, 1986；Moritz, 1997）。本实验以我国广泛分布且危害严重的3种花蓟马为研究对象，对其触角感器的类型、数量、分布和超微形态特征进行系统阐述，同时，比较分析种间和两性间感器差异，探讨各类型感器功能，旨在补充蓟马感器研究资料，完善蓟马形态学研究，为今后进行电生理学、蓟马行为生态学研究提供基础。

1　材料与方法

1.1　供试虫源

3种花蓟马成虫于2012年4－8月采自陕西杨凌农业示范区。采集的蓟马浸泡在70%乙醇中，并保存于4℃冰箱中备用。

1.2　样品制备和观察

选取分类鉴定过的3种花蓟马成虫，分别在解剖镜下区分雌雄。将样品移入70%的乙醇中，超声波清洗2～3次，每次5～10 s。随后，在解剖镜下切取各虫样头部，先在70%乙醇中清洗2次，再依次移入80%，85%，90%，95%和100%（2次）的乙醇中进行梯度脱水，每次10 min。冷冻干燥后，取3种虫样的雌雄成虫头部各10头，分不同侧面粘于样品台，Hitachi E-1010离子溅射仪喷金，于Hitachi S-3400N扫描电子显微镜下观察并拍照，工作电压5～15 kV。

1.3　感器的命名

3种蓟马触角感器的分类和命名主要依据Schneider（1964）、Zacharuk（1985）和Shields（2008）的命名系统，同时，参考已提供触角感器精确结构的蓟马种类相关研究资料（De Facci *et al*., 2011）。

1.4　数据统计与分析

统计分析时，每种蓟马两性中各选取5个触角作为样本数量，感器测量的样本数量为5～8个同种感器。感器的测量在Hitachi S-3400N扫描电子显微镜的系统软件SEM Data Manager（SDM）界面中进行；测量值按平均值±标准误（mean ± *SE*）的形式表现。平均值、标准误、方差分析在统计分析软件SPSS 17.0中完成。另外，对所有感器的数量和分布位置进行统计。感器图片的标识和排版在软件Photoshop CS4界面中进行。

2　结果与分析

2.1　触角的形态和结构

3种花蓟马成虫触角具有一致的外部形态和结构：念珠状，8节，分柄节（scape）、梗节（pedicel）和鞭节（flagellum）3部分（图版Ⅰ：A），着生于复眼间。其中，柄节粗短，感器少。梗节膨大，表面多脊线，在梗节背面，这些表皮脊线上沿触角轴方向伸出锯齿状突起（图版Ⅰ：B）。鞭节分6亚节（第Ⅲ～Ⅷ节），除端节和第Ⅶ和Ⅷ节外，各节均呈梭形，第Ⅲ，Ⅳ节端部有缢缩，其上分布感器；第Ⅵ节最为粗长。鞭节以第Ⅲ节与梗节相连，节间最为细长，便于鞭节运动（图版Ⅰ：A，B）。鞭节拥有最多的感觉类型和数量。3种花蓟马两性成虫触角各节长度对比见表1。

2.2　感器类型

3种花蓟马成虫触角上感器类型一致，均发现8种类型感器（表2）：Böhm氏鬃毛、钟形感器、毛形感器、刺形感器、锥形感器、腔锥形感器、腔形感器和特殊结构感器。各类感器的测量值及其在3种花蓟马成虫种间和两性间的差异见表2。

2.2.1　Böhm氏鬃毛（Böhm bristles, BB）：着生于触角表面下陷而成的凹窝中，毛体短刺状，端部稍钝，垂直于触角表面，体壁光滑无孔（图版Ⅰ：B，C）。成对或单个分布在柄节基部（背面n＝2；腹面

表 1　3 种花蓟马两性成虫触角各节长度

Table 1　Length of antennal segments of three adult *Frankliniella* thrips between two sexes

蓟马种类 Species	性别 Sex	柄节(μm) Scape	梗节(μm) Pedicel	鞭节 Flagellomeres (μm)						全长 Total
				Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ	Ⅵ	Ⅶ	Ⅷ	
西花蓟马	雌 Female	18.43 ±1.18	27.77 ±2.57	45.27 ±3.98	45.73 ±3.72	34.20 ±1.22	50.60 ±1.67	7.67 ±0.15	14.50 ±1.27	244.17 ±10.82
F. occidentalis	雄 Male	12.77 ±0.38	23.17 ±1.02	36.93 ±0.62	38.93 ±0.81	27.73 ±0.24	47.97 ±0.84	5.49 ±0.25	8.10 ±0.16	201.09 ±1.92
花蓟马	雌 Female	17.97 ±0.73	35.87 ±1.03	42.50 ±0.70	40.40 ±0.90	32.53 ±1.93	49.60 ±0.50	9.21 ±0.16	13.23 ±0.70	241.31 ±2.84
F. intonsa	雄 Male	14.27 ±1.02	26.33 ±2.28	31.20 ±1.72	32.17 ±1.60	26.67 ±0.70	37.87 ±2.04	7.21 ±0.51	7.63 ±1.38	183.37 ±6.24
禾花蓟马	雌 Female	18.1 ±0.52	31.67 ±2.550	44.43 ±1.30	45.27 ±1.95	40.87 ±1.30	56.23 ±1.01	11.20 ±0.58	16.30 ±0.29	264.07 ±3.94
F. tenuicornis	雄 Male	15.8 ±0.74	24.47 ±1.11	33.83 ±1.23	35.83 ±1.25	27.27 ±0.61	37.80 ±1.90	5.60 ±0.06	10.03 ±0.64	190.63 ±0.73

每种蓟马两性中各选取 5 个触角作为样本数量。Five antennae in each sex of every specie as sample size.

表 2　3 种花蓟马两性成虫触角感器

Table 2　Antennal sensilla in three adult *Frankliniella* thrips between two sexes

感器 Sensilla		西花蓟马 *F. occidentalis*		花蓟马 *F. intonsa*		禾花蓟马 *F. tenuicornis*	
		雌 Female	雄 Male	雌 Female	雄 Male	雌 Female	雄 Male
BB	L	2.13 ±0.16 ab	1.93 ±0.06 a	2.22 ±0.15 ab	1.95 ±0.13 a	2.64 ±0.28 b	2.33 ±0.24 ab
	BD	0.55 ±0.01 a	0.53 ±0.03 a	0.49 ±0.01 a	0.54 ±0.02 a	0.53 ±0.01 a	0.52 ±0.02 a
SCa	D	3.07 ±0.01 a	2.87 ±0.09 a	2.91 ±0.13 a	2.93 ±0.04 a	2.89 ±0.14 a	2.83 ±0.12 a
ST	L	8.71 ±0.18 ab	8.33 ±0.36 a	10.27 ±0.68 b	8.70 ±0.26 ab	10.20 ±0.72 b	8.97 ±0.47 ab
	BD	0.47 ±0.03 abc	0.44 ±0.03 a	0.45 ±0.01 ab	0.54 ±0.02 cd	0.58 ±0.01 d	0.52 ±0.02 bcd
SCh1	L	22.07 ±2.24 a	19.50 ±1.82 a	19.27 ±2.12 a	18.20 ±0.64 a	20.73 ±0.82 a	17.90 ±0.20 a
	BD	1.02 ±0.09 bc	0.97 ±0.05 b	0.95 ±0.04 b	0.72 ±0.02 a	1.17 ±0.07 c	1.04 ±0.06 bc
SCh2	L	18.83 ±1.36 bc	18.43 ±1.38 bc	17.13 ±1.45 ab	13.73 ±0.33 a	21.47 ±1.39 c	17.50 ±0.56 ab
	BD	0.77 ±0.05 a	0.77 ±0.03 a	0.77 ±0.06 a	0.90 ±0.01 a	0.80 ±0.06 a	0.75 ±0.06 a
SCh3	L	12.83 ±0.09 b	11.60 ±1.02 b	9.11 ±0.25 a	9.03 ±0.09 a	12.50 ±0.50 b	9.40 ±0.12 a
	BD	0.94 ±0.06 c	0.90 ±0.05 bc	0.80 ±0.01 ab	0.81 ±0.01 ab	0.78 ±0.02 ab	0.75 ±0.03 a
SB1	L	21.03 ±0.81 b	19.83 ±1.18 ab	20.77 ±0.77 ab	17.93 ±0.67 ab	17.90 ±1.88 ab	17.30 ±0.55 a
	BD	2.53 ±0.20 b	2.49 ±0.10 b	2.70 ±0.10 b	2.34 ±0.04 ab	2.12 ±0.13 a	2.04 ±0.03 a
SB2	L	7.90 ±0.09 a	7.47 ±0.31 bc	7.45 ±0.11 bc	7.37 ±0.22 abc	7.00 ±0.06 ab	6.86 ±0.03 a
	BD	1.18 ±0.03 bc	1.17 ±0.02 abc	1.14 ±0.04 abc	1.24 ±0.03 c	1.05 ±0.05 ab	1.03 ±0.06 a
SB3	L	19.77 ±1.52 ab	19.80 ±1.06 ab	20.30 ±2.14 ab	17.00 ±0.95 a	22.70 ±2.55 a	18.33 ±0.74 ab
	BD	1.66 ±0.22 a	1.67 ±0.03 a	1.72 ±0.13 a	1.52 ±0.06 a	1.64 ±0.09 a	1.41 ±0.05 a
SCo	L	7.62 ±0.50 c	7.27 ±0.41 bc	6.53 ±0.24 ab	5.90 ±0.12 a	7.46 ±0.02 bc	5.80 ±0.12 a
	BD	1.31 ±0.12 a	1.29 ±0.06 a	1.18 ±0.03 a	1.19 ±0.04 a	1.20 ±0.02 a	1.23 ±0.01 a
SCav	D	0.60 ±0.02 b	0.56 ±0.04 ab	0.59 ±0.01 b	0.54 ±0.04 ab	0.57 ±0.02 ab	0.49 ±0.01 a
US	L	0.72 ±0.02 a	0.74 ±0.23 a	0.68 ±0.02 a	0.60 ±0.01 a	0.65 ±0.01 a	0.59 ±0.01 a
	BD	0.25 ±0.01 a	0.24 ±0.02 a	0.23 ±0.02 a	0.21 ±0.01 a	0.22 ±0.01 a	0.20 ±0.01 a

BB：Böhm 氏鬃毛 Böhm bristles；SCa：钟形感器 Sensilla campaniformia；ST：毛型感器 Sensilla trichodea；SCh1：刺型感器 1 Sensilla chaetica 1；SCh2：刺形感器 2 Sensilla chaetica 2；SCh3：刺型感器 3 Sensilla chaetica 3；SB1：锥形感器 1 Sensilla basiconica 1；SB2：锥形感器 2 Sensilla basiconica 2；SB3：锥形感器 3 Sensilla basiconica 3；SCo：腔锥形感器 Sensilla coeloconica；SCav：腔形感器 Sensilla cavity；US：特殊结构感器 Unusual sensillum；L：长度 Length；D：直径 Diameter；BD：基部直径 Basal diameter. 每种蓟马两性中各选取 5 个触角作为样本数量，感器测量的样本数量为 5 ~8 个同种感器；各测量值单位为微米(μm)；同行数据后不同字母代表存在显著差异($P<0.05$)。Five antennae in each sex of every specie as sample size, and sample size of measurements is 5 – 8 in each sensilla type. Micrometer (μm) as measurement unit. Means in a row followed by different letters are significantly different ($P<0.05$).

n =3)和柄节与梗节的节间膜(内侧 n =1)上(图版Ⅰ：B)。

2.2.2　钟形感器(sensilla campaniformia, SCa)：由触角表皮微隆起形成，整体呈扁平硬币状，外围有一层不完整的厚表皮环，感器体表光滑(图版Ⅰ：D)。仅分布于梗节背面端部(n =1)，紧邻梗节和鞭节的节间连接处(图版Ⅰ：B, D)。

2.2.3　毛形感器(sensilla trichodea, ST)：毛体光滑无孔，从基部到端部逐渐变细，端部尖细常弯曲，形如钩。毛体无基窝，直接从触角表面伸出，并与触角轴成45° ~60°夹角(图版Ⅰ：F)。该感器数量不多，成对分布于鞭节Ⅷ腹面端部。

2.2.4　刺形感器(sensilla chaetica, SCh)：是唯一在所有触角节都有分布的感器类型。根据其分布位置、刺体表面形态特征和着生窝的差异，刺形感器可分为 3 种亚型：SCh1, SCh2 和 SCh3。

SCh1，分布于除端节Ⅷ外的各触角节。柄节和梗节上的 SCh1 长度不均，分布零散，柄节上多分布于节两侧(图版Ⅰ：B, D)；鞭节第Ⅲ ~ Ⅴ节上，各侧面共 5 ~6 个 SCh1 成一环排列，围绕在这些节

的端部；在第Ⅵ和Ⅶ节，1(第Ⅶ节)~2(第Ⅵ节)个Sch1 散布在节边侧(图版Ⅱ：A)。SCh1，端部尖，刺体由基部到端部逐渐变细，体壁有明显棱形纵脊(图版Ⅰ：D；图版Ⅱ：C))，形成凹槽表面，基部不具表皮窝，刺体直接起于触角表面，与触角轴约成60°夹角(图版Ⅱ：C)。

SCh2，分布于第Ⅴ与Ⅵ节的腹面、第Ⅶ节两边侧和第Ⅷ节的背腹面。SCh2，端部钝圆，刺体细长，基部到端部渐细不明显，成指状，体壁有相对Sch1 较细密的纵脊凹槽表面，基部包裹于微隆起的表皮窝中(图版Ⅱ：A，B)。

SCh3，分布于第Ⅵ节背面端部，有的以三联体的形式出现(图版Ⅱ：A)。Sch3 端部稍尖，体壁无纵脊，其上有1~2 个深凹槽(图版Ⅱ：D)。在花蓟马和西花蓟马触角上，SCh3 的基部包裹于微隆起的表皮窝中，感器外围表皮下陷成浅窝(图版Ⅱ：A)。然而，在禾花蓟马触角相应位置上的SCh3，基部无表皮窝，感器外围表皮无下陷。

2.2.5 锥形感器(sensilla basiconica，SB)：锥形感器仅在鞭节有分布。锥体多笔直粗壮，形似指状，表面密布纵向刻纹，多孔。根据其分布位置、外部形态特征和着生窝的差异，可分为3 种亚型：SB1，SB2 和SB3。

SB1，分布于节Ⅲ背面和Ⅳ腹面。基部粗壮，着生于宽大的表皮窝内，锥体于基部分叉，形成两个锥状臂，整个感器呈"U"形(图版Ⅰ：F)。表面密布纵向刻纹，纵纹间分布成列小孔(图版Ⅱ：E)。端部骤缩成长针状，表面光滑无孔(图版Ⅱ：E)。感器两臂大小并非完全一致，偶有两臂大小差异很大的变异出现，这种变异在不同个体间或同一个体不同触角位置(第Ⅲ节背面和第Ⅳ节腹面)都有出现。

SB2，分布于节Ⅳ腹面或腹面外侧，且紧邻SB1分布(图版Ⅰ：F)。端部略膨大呈头状，同锥体一样表面密布纵纹和孔(图版Ⅱ：F)，SB2 基部无表皮窝，直起于触角表面(图版Ⅱ：F)。

SB3，分布于第Ⅴ节腹面、第Ⅵ节两侧(背面内侧和腹面外侧各1 个)和 第Ⅶ节背面(图版Ⅱ：A，B)。基部微粗，无表皮窝，锥体表面有孔且密度小于SB1 和SB2，端部形同SB1 的端部但比之更细长(图版Ⅱ：B；图版Ⅲ：A)。此外，在花蓟马和西花蓟马上，分布于第Ⅵ节上的SB3 比第Ⅴ和Ⅶ节上的SB3 粗大，其基部尤为膨大粗壮，针状的端部也相对短小(图版Ⅱ：A；图版Ⅲ：B)；在禾花蓟马触角上，分布于第Ⅵ节上的SB3，基部无明显膨大(图版Ⅲ：C)，端部短小(图版Ⅲ：D)。

2.2.6 腔锥形感器(sensilla coeloconica，SCo)：分布于第Ⅴ和Ⅵ节的外侧(图版Ⅱ：A)。SCo，锥体直起于触角表面，且平行于触角轴方向延伸。着生处的触角表皮略下陷成浅窝，基部体壁光滑，向上约1/3~4/5 处锥体略膨大且形成凹槽表面，随后凹槽汇聚并消失于呈锥形锐减的端部，端部约为锥体长度的1/5，表面光滑，顶端钝圆(图版Ⅲ：E)。

2.2.7 腔形感器(sensilla cavity，SCav)：为表皮内陷形成的空腔(图版Ⅲ：F)。着生于第Ⅲ节的背面外侧和第Ⅴ节的腹面外侧，分别与节上的SB1 和SCo 相近分布。

2.2.8 特殊结构感器(unusual sensillum，US)：分布于节Ⅵ的背面外侧和节Ⅶ的背面，分别与相应节上的SB3 共发生(图版Ⅱ：A，B)。感器端部和基部同宽，形似一圆柱状短毛直插于触角表面，表面光滑无孔(图版Ⅲ：G)。

2.3 触角感器的数量和分布

3 种花蓟马两性成虫触角上感器的数量和位置分布见表3，由表可知，触角感器的分布在种间和两性间无明显差异，且具有相似的分布模式。整体上，8 种感器在触角上的分布并不均匀：柄节和梗节上感器少，仅分布有Böhm 氏鬃毛、钟形感器和刺型感器(SCh1)。鞭节上感器数量大，类型多，毛型感器、锥形感器、腔锥形感器、腔形感器和特殊结构感器均分布于鞭节。其中，毛型感器数量少，仅分布于第Ⅷ节；锥形感器分3 个亚型，分布于第Ⅲ~Ⅶ节；腔锥形感器分布于第Ⅴ~Ⅵ节；腔形感器和特殊结构感器分别见于第Ⅲ，Ⅴ和Ⅵ~Ⅶ节，且分别与相应节上的锥形感器或腔锥形感器邻近分布。刺型感器可分3 个亚型，是唯一全触角分布的感器类型。

2.4 特殊的表皮结构——微毛(microtrichia，mt)

微毛是触角表皮衍生物。常呈数圈环绕在触角第Ⅲ~Ⅵ节基半部(图版Ⅰ：F)。在西花蓟马触角上，第Ⅲ~Ⅵ节基半部分别具有6，4，3 和3 轮微毛；花蓟马触角第Ⅲ~Ⅵ节基半部分别具有5，4，3和3 轮微毛；禾花蓟马触角第Ⅲ~Ⅵ节基半部分别具有5，5，3 和3 轮微毛。此外，3 种花蓟马触角梗节背面均有2~3 排锯齿状表皮突起—表皮齿(cuticular denticles)(图版Ⅰ：B)，表皮齿是小型的微毛结构。

表 3 3 种花蓟马两性成虫触角感器的数量和分布

Table 3 The number and distribution of antennal sensilla in three adult *Frankliniella* thrips between two sexes

触角节 Antennal segment	感器类型 Sensilla	花蓟马 *F. intonsa* 数量 Number	花蓟马 *F. intonsa* 位置 Position	西花蓟马 *F. occidentalis* 数量 Number	西花蓟马 *F. occidentalis* 位置 Position	禾花蓟马 *F. tenuicornis* 数量 Number	禾花蓟马 *F. tenuicornis* 位置 Position
柄节 Scape	BB	3	腹面 Ventral	3	腹面 Ventral	3	腹面 Ventral
		2	背面 Dorsal	2	背面 Dorsal	2	背面 Dorsal
	SCh1	5	两侧 Lateral	5	两侧 Lateral	4(5)	两侧 Lateral
梗节 Pedicel	BB	1	内侧 Internal	1	内侧 Internal	1	内侧 Internal
	SCa	1	背面 Dorsal	1	背面 Dorsal	1	背面 Dorsal
	SCh1	2	腹面 Ventral	2	腹面 Ventral	2(3)	腹面 Ventral
		3	背面 Dorsal	3	背面 Dorsal	3	背面 Dorsal
		2(3)	两侧 Lateral	2(3)	两侧 Lateral	2	两侧 Lateral
鞭节 Flagellomeres Ⅲ	SB1	1	背面 Dorsal	1	背面 Dorsal	1	背面 Dorsal
	SCav	1	背外侧 Dorso-external	1	背外侧 Dorso-external	1	背外侧 Dorso-external
	SCh1	2	腹面 Ventral	2	腹面 Ventral	2	腹面 Ventral
		1(2)	背面 Dorsal	1	背面 Dorsal	2	背面 Dorsal
		2	两侧 Lateral	2	两侧 Lateral	2	两侧 Lateral
Ⅳ	SB1	1	腹面 Ventral	1	腹面 Ventral	1	腹面 Ventral
	SB2	1	外侧 External	1	腹外侧 Ventro-external	1	外侧 External
	SCh1	2	腹面 Ventral	2	腹面 Ventral	2	腹面 Ventral
		1	背面 Dorsal	2(1)	背面 Dorsal	1	背面 Dorsal
		2	两侧 Lateral	2	两侧 Lateral	2	两侧 Lateral
Ⅴ	SB3	1	腹内侧 Ventro-internal	1	腹内侧 Ventro-internal	1	腹内侧 Ventro-internal
	SCo	1	外侧 External	1	外侧 External	1	外侧 External
	SCav	1	腹外侧 Ventro-external	1	腹外侧 Ventro-external	1	腹外侧 Ventro-external
	SCh1	2	背面 Dorsal	1	背面 Dorsal	2	背面 Dorsal
		2	两侧 Lateral	4	两侧 Lateral	3	两侧 Lateral
	SCh2	2(1)	腹面 Ventral	2(1)	腹面 Ventral	2	腹面 Ventral
Ⅵ	SB3	1	腹外侧 Ventro-external	1	腹外侧 Ventro-external	1	腹外侧 Ventro-external
		1	背内侧 Dorso-internal	1	背内侧 Dorso-internal	1	背内侧 Dorso-internal
	SCo	1	外侧 External	1	外侧 External	1	外侧 External
	US	1	背外侧 Dorso-external	1	背外侧 Dorso-external	1	背外侧 Dorso-external
	SCh1	1	外侧 External	1	外侧 External	1	外侧 External
	SCh2	2	腹面 Ventral	2	腹面 Ventral	2	腹面 Ventral
	SCh3	6	背面 Dorsal	6	背面 Dorsal	6	背面 Dorsal
Ⅶ	SB3	1	背外侧 Dorso-external	1	背外侧 Dorso-external	1	背外侧 Dorso-external
	US	1	背面 Dorsal	1	背面 Dorsal	1	背面 Dorsal
	SCh1	1	内侧 Internal	2	内侧 Internal	1	内侧 Internal
	SCh2	1	腹面 Ventral	1	腹面 Ventral	1	腹面 Ventral
		1	背面 Dorsal			1	背面 Dorsal
Ⅷ	ST	2	腹面 Ventral	1	腹面 Ventral	2	腹面 Ventral
	SCh2	2	腹面 Ventral	2	腹面 Ventral	2	腹面 Ventral
		4	背面 Dorsal	4	背面 Dorsal	4	背面 Dorsal
总计 Total		68(67)		69(71)		69(71)	

BB：Böhm 氏鬃毛 Böhm bristles；SCa：钟形感器 Sensilla campaniformia；ST：毛型感器 Sensilla trichodea；SCh1：刺型感器 1 Sensilla chaetica 1；SCh2：刺形感器 2 Sensilla chaetica 2；SCh3：刺型感器 3 Sensilla chaetica 3；SB1：锥形感器 1 Sensilla basiconica 1；SB2：锥形感器 2 Sensilla basiconica 2；SB3：锥形感器 3 Sensilla basiconica 3；SCo：腔锥形感器 Sensilla coeloconica；SCav：腔形感器 Sensilla cavity；US：特殊结构感器 Unusual sensillum. 数据后带括号的表示感器数量存在性二型差异，且括号内记录相应的雄性触角上感器数量；一对触角之间的侧面为内侧面，反之，为外侧面。Data with bracket indicate the sexually dimorphic difference, and the number of antennal sensilla in males are recorded in brackets. The sides between a pair of antenna are "internal" sides, otherwise "external".

2.5 两性成虫间触角感器差异

由表 1 可知，3 种花蓟马雌性成虫触角各节及整体长度长于雄性成虫触角，然而由各类感器测量值统计可知(表 2)，3 种花蓟马的多数触角感器在两性间无明显差异：在西花蓟马两性间，只在锥形感器 2(SB2)的长度上存在性二型；在花蓟马两性间，只在刺形感器 1(SCh1)的基部直径上存在差异；对于禾花蓟马，两性间触角感器差异在整个刺形感器 3 亚型上均存在。

两性间触角感器的类型和分布一致(表 2 和 3)，仅在数量上略有差异(表 3)。

2.6 3 种花蓟马种间触角感器差异

3 种花蓟马拥有一致的感器类型和分布(表 2，3)。相对于花蓟马和西花蓟马(图版Ⅱ：A)，禾花蓟马上的 SCh3，刺体直起于触角节表面，基部无微隆起的表皮窝，外围表皮也无明显下陷；第Ⅵ节上 SB3 基部也无明显膨大现象(图版Ⅲ：C，D)。除此外，3 种蓟马感器不存在明显种间差异。

据表 2 统计可知，总体上，3 种花蓟马各类触角感器在种间不存在明显差异，仅仅在刺形感器 1(SCh1)上，花蓟马与禾花蓟马种间差异显著。此外，还可推知，3 种花蓟马在触角感器方面差异不显著，在亲缘关系上为近缘种。

3 讨论

在本研究中，我们共发现 8 种类型触角感器，其中，根据感器表面超微形态特征和分布位置的不同，刺形感器和锥形感器又可分为 3 类亚型。所有的感器类型在 3 种花蓟马雌性成虫触角上均有分布，并且各类感器的分布在种间和两性间相对稳定，无明显差异。

本文首次将 Böhm 氏鬃毛(BB)作为蓟马触角感器的类型之一进行命名。在 3 种花蓟马两性成虫触角上，该类基部具窝，且稳定地分布于柄节与头部相接处、柄节和梗节的节间处，与 Schneider (1964) 系统中该类型感器的分布位置一致，功能为本体类机械感受器用来感受触角的运动和位置。在许多昆虫触角上，BB 常成簇分布于柄节与头部、梗节与柄节的接合处(Cuperus，1983；Merivee *et al.*，2000；Ochieng *et al.*，2000)，而缨翅目蓟马触角上，BB 数量少，仅单个或成对位于紧连头部的柄节基部以及柄节和梗节的节间上；毛体光滑短小，在观察过程中易被忽略。这可能是导致 BB 之前未能报道的原因。最近，Fu 等(2012)在半翅目小褐飞虱触角柄节上发现了仅单个存在的 Böhm 氏鬃毛。

钟形感器(SCa)在几乎所有缨翅目蓟马触角上存在并具有稳定保守的分布位点(Bode，1986)，相同的，在 3 种花蓟马触角上，仅有的一个 SCa 分布于梗节背面端部，紧临梗节与鞭节的连接处。SCa 被认为是本体类机械感受器，用以感知并应对昆虫外骨骼产生的张力(McIver，1975；Shields，2008)。另外，从花蓟马触角的整体形态看，梗节与鞭节的节间最细长，具有最大的灵活性。这些特点使得 SCa 最可能的功能就是感知鞭节位置并控制鞭节的摆动。然而，之前的西花蓟马和塔六点蓟马触角感器研究(丁艳红等，2010；涂洪涛等，2011)，缺少对此类感器的观察描述。

在 3 种花蓟马触角上，毛形感器数量少，仅成对分布于触角第Ⅷ节腹面端部，这同许多昆虫的情况不一致(马瑞燕和杜家纬，2000)。隶属于锯尾亚目蓟马科花蓟马属的 3 种花蓟马触角上的毛形感器，直起于触角节表面，体壁光滑无孔，端部尖细，符合 McIver(1975)对毛状外感受器的外形描述，功能很可能是机械类感受器。Slifer 和 Sekhon(1974)在对管尾亚目管蓟马科 *Bagnalliella yuccae* 和锯尾亚目蓟马科 *Frankliniella tritici* 的触角感器研究时，曾将此类感器和第Ⅷ节上的刺形感器 SCh2 混为一类，并统称为"触毛"(tactile hairs)，然而，超微形态观察发现，两者具有不同的表面结构和形态特征(图版Ⅰ：F)。丁艳红等(2010)西花蓟马触角感器研究中，将此感器命名为刺形感器的一个亚型，且仅在雄虫触角上发现，本文已证实该感器在 3 种花蓟马的两性成虫间均有分布；此外，其研究中报道的毛型感器应为微毛，是触角表皮衍生物，不属于感器范畴。微毛列的多少常作为蓟马传统分类中部分种类的分类依据(韩运发，1997)。

在 3 种花蓟马触角上，刺形感器覆盖各个触角节，数量最多。SCh 直立于触角表面，最为细长，利于首先接触物质，在缨翅目已有相关文献中，SCh 曾被称为"触毛"(tactile hair)(Slifer and Sekhon，1974)，并推测其具有感受机械性刺激的功能。在外部表皮形态上，此类感受器一般具有单个端孔或顶部开口(Zacharuk，1985；Shields，2008)。本实验未明确观察到刺形感器顶端是否有孔，然而刺形感器 3 类亚型的外形特征均在管蓟马科造瘿蓟马上同样出现(De Facci *et al.*，2011)，后者从感器内部结构上证实刺形感器具接触类化学感器

(contact chemoreceptor)和机械类感器的结构特征，是双功能感受器。另外，根据 3 亚型的分布位置推断，端部尖锐的 SCh1(尤其是位于柄节和梗节上的)更倾向于接触感知机械刺激，而位于第Ⅷ端节上的 SCh2，刺体呈长指状，具沟槽表面，更倾向于接触化学刺激的特征(Shields，2008)，起感知味觉的作用(Altner and Prillinger，1980)。丁艳红等(2010)描述的长锥形感器(BIV)极有可能是本文的 SCh1 和 SCh2。

3 种花蓟马触角上的腔锥形感器类似造瘿蓟马上的同名感器(De Facci *et al.*，2011)，除了锥体长度的差异外，它们拥有保守的分布位置(均分布于第Ⅴ和Ⅵ节的背外侧)和几乎一样的外部形态(De Facci *et al.*，2011)。Heming(1975)在烟褐花蓟马 *Frankliniella fusca* 和管尾亚目种类毛蕊简管蓟马 *Haplothrips verbasci* 相同的位置也发现此类化学感器。丁艳红等(2010)描述的西花蓟马上的芽锥形感器(BIII)是本文中的 SCo 的异名，但仅分布于鞭节第 4 亚节(即本文的第Ⅵ节)，而本研究观察发现 3 种花蓟马在此类感器上不存在差异，西花蓟马触角上的 SCo 在第Ⅴ和Ⅵ节外侧均有分布。同 De Facci 等(2011)一样，本文通过 SEM 观察到该感器表面为无孔结构，然而，前者通过透射电镜(transmission electron microscopy，TEM)发现 SCo 具有双层膜,且感器内分布有嗅觉神经元(De Facci *et al.*，2011)，是典型的嗅觉类化学感受器。这说明，感器功能的确认需要内部精确结构为基础，仅依靠外部形态特征的感器分类和功能推断会造成错误。

3 种花蓟马触角上的锥形感器，锥体表皮均为多孔多槽结构，符合单层薄壁嗅觉感器的外形特征(Altner and Prillinger，1980；Shields，2008)。在造瘿蓟马触角上的锥形感器表面粗糙，多孔，直起于触角表面，感器内分布有丰富的嗅觉神经元树突，在各个鞭小节均有分布(De Facci *et al.*，2011)。花蓟马的锥形感器除在第Ⅷ节无分布外，以不同的亚型分布于其他各鞭小节，而且所有亚型具有相似的表皮构造。SB1 又被称为“叉形感器(bifurcate receptor)”(Slifer and Sekhon，1974)或“U 形感器(U-shaped sensilla)”(丁艳红等，2010)，外形上类似两个 SB3 基部相连而成。另外，许多其他蓟马科种类在第Ⅲ和Ⅳ节相同位置上，SB1 被非叉状的锥形感器替代(韩运发，1997)因此，3 亚型极有可能的是同一种功能感器在不同种类不同鞭小节上产生的变异。正因如此，本文将 SB1 归为锥形感器的一个亚型，而非作为一种单独的感器进行描述。丁艳红等(2010)描述的长刺形感器(CHIII)是本文中的 SB3，与其描述不同，放大到适当倍数时，可发现 SB3 体壁多孔而非光滑表面。

花蓟马触角上的特殊结构感器，符合“无孔且具不灵活的基部窝”的温湿感器的外部特征描述(Shields，2008)。此类感器在造瘿蓟马的触角鞭节上亦有发现(De Facci *et al.*，2011)。在毛蕊简管蓟马触角上(Heming，1975)，同样的感器被归为腔锥感器(coeloconic pegs)。丁艳红等(2010)缺少对西花蓟马触角上此类感器的描述报道。US 是 8 种感器中最小的感器类型，在第Ⅵ和Ⅶ节的背面，与 SB3 共发生，符合“温湿类感器常与嗅觉感器共发生”的分布规律(Altner and Prillinger，1980)。因此，此类感器极有可能是蓟马用来感受外界温湿度变化刺激的感受器。

腔形感器是表皮凹陷形成的空腔。缨翅目相关文献并未出现同样的感器描述。类似的结构在直翅目蝗虫中有报道(刘春雨等，2011)，但并未推测其功能。SCav 分布于第Ⅲ节的背外侧和第Ⅴ节的腹外侧，且分别与节上的 SB1 和 SCo 相近分布，符合温湿类感器常与嗅觉感器共发生的特点(Altner and Prillinger，1980)。此类感器极可能和 US 一样，起感受温湿度变化的作用。然而具体功能仍需进一步通过透射电镜技术，在了解其内部结构的基础上，结合电生理实验进行确认。

游中华等(2007)通过分析基于 K2P 双参数模型构建 NJ 树的拓扑结构，得出这 3 种花蓟马是进化关系密切(序列分歧 0.180 ~ 0.233)的近缘种。本文从触角感器种间差异分析结果得出：3 种花蓟马触角感器在种间无显著差异。可见，遗传差异小的同属近缘种间，触角感器不存在明显差异。此外，花蓟马虫体大小存在性二型现象，雌虫虫体粗长于雄虫(韩运发，1997)。表 1 也显示，相应的雌性触角长度长于雄性触角，然而分析结果显示 3 种花蓟马触角上的多数感器在两性间无明显差异。这说明，花蓟马触角上感器在定位异性个体进行交配中作用不明显，这可能与蓟马既可以进行单性生殖又可进行两性生殖的繁殖模式有关系。

本研究分析了 3 种花蓟马害虫触角感器的类型、数量、分布和超微形态特征，同时，对比分析了种间和两性间的感器差异。我们的结果对补充缨翅目蓟马(尤其是锯尾亚目种类)感器详细研究资料、完善蓟马形态学研究具有一定意义。另外，推

测归纳了蓟马各类触角感器的功能。然而，仅基于超微形态特征和分布特点进行的功能推测，仍缺乏准确性，需要进一步通过透射电镜以及电生理学研究加以推测、考证。

参考文献（References）

Altner H, Prillinger L, 1980. Ultrastructure of invertebrate chemo-, thermo- and hydroreceptors and its functional significance. *Int. Rev. Cytol.*, 67: 69 –139.

Anton S, van Loon JJA, Meijerink J, Smid HM, Takken W, Rospars JP, 2003. Central projections of olfactory receptor neurons from single antennal and palpal sensilla in mosquitoes. *Arthropod Struct. Dev.*, 32: 319 –327.

Bode W, 1986. Fine-structure of the scolopophorous organs in the pedicel of 3 species of Thysanoptera (Insecta). *Int. J. Insect Morphol. Embryol.*, 15: 139 –154.

Cook SM, Khan ZR, Pickett JA, 2007. The use of push-pull strategies in integrated pest management. *Annu. Rev. Entomol.*, 52: 375 –400.

Cuperus PL, 1983. Distribution of antennal sense organs in male and female ermine moth, *Yponomeuta vigintipunctatus* (Retzius) (Lepidoptera: Yponomeutidae). *Int. J. Insect Morphol. Embryol.*, 12(1): 59 –66.

De Facci, Wallén R, Hallberg E, Anderbrant O, 2011. Flagellar sensilla of the eusocial gall-inducing thrips *Kladothrips intermedius* and its kleptoparasite, *Koptothrips dyskritus* (Thysanoptera: Phlaeothripinae). *Arthropod Struct. Dev.*, 40(6): 495 –580.

Ding YH, Zhuge PP, Wang MQ, Zhang GA, 2010. Observation of antennal sensilla of *Frankliniella occidentalis* with scanning electron microscopy. *Chinese Bulletin of Entomology*, 47(1): 165 – 171. [丁艳红，诸葛飘飘，王满囷，张国安，2010. 西花蓟马触角感器的扫面电镜观察. 昆虫知识，47(1): 165 –171]

Fu BX, Bellis GA, Hong J, Wang JR, Wu Q, Tang QY, Cheng JA, Zhu ZR, 2012. Morphology, distribution, and abundance of antennal sensilla of male and female macropterous and brachypterous small brown planthopper, *Laodelphax striatellus* (Fallén) (Hemiptera: Delphacidae). *Microsc. Res. Techniq.*, 75: 1492 –1512.

Han YF, 1997. Economic Insect Fauna of China, Fasc. 55. Thysanoptera. Science Press, Beijing. 514 pp. [韩运发，1997. 中国经济昆虫志(第 55 册). 缨翅目. 北京: 科学出版社. 514 页]

Heming BS, 1975. Antennal structure and metamorphosis in *Frankliniella fusca* (Hinds) (Thripidae) and *Haplothrips verbasci* (Osborn) (Phlaeothripidae) (Thysanoptera). *Quaestiones Entomologicae*, 11: 25 –68.

Jefferis GSXE, 2005. Insect olfaction: a map of smell in the brain. *Current Biology*, 15: 668 –670.

Jiang XL, Bai S, Xiao Q, Yang B, 2001. Serving for Kunming international flower show. *Plant Quarantine*, 15: 115 –117. [蒋小龙，白松，肖枢，杨碧，2001. 为中国昆明国际花卉节把关服务. 植物检疫，15: 115 –117]

Liu CY, Yuan HB, Zhang J, Ren BZ, 2011. Antennal sensilla of two Oedipodidae species (Orthoptera: Acridoidea): a comparative scanning electron microscopy study. *Journal of Jilin Agricultural University*, 5: 503 – 506. [刘春雨，袁海滨，张健，任炳忠，2011. 沼泽蝗属 2 种蝗虫触角感器的扫描电镜观察. 吉林农业大学学报，5: 503 –506]

Ma RY, Du JW, 2000. Insect antenna sensilla. *Chinese Bulletin of Entomology*, 37(3): 179 –183. [马瑞燕，杜家纬，2000. 昆虫的触角感器. 昆虫知识，37(3): 179 –183]

McIver SB, 1975. Structure of cuticular mechanoreceptors of arthropods. *Annu. Rev. Entomol.*, 20: 381 –397.

Merivee E, Ploomi A, Rahi M, Luik A, Sammelselg V, 2000. Antennal sensilla of the ground beetle *Bembidion lampros* Hbst (Coleoptera, Carabidae). *Acta Zoologica*, 81(4): 339 –350.

Moritz G, 1997. Structure, growth and development. In: Lewis T ed. Thrips as Crop Pests. CAB International, New York. 15 –63.

Ochieng SA, Park KC, Zhu JW, Baker TC, 2000. Functional morphology of antennal chemoreceptors of the parasitoid *Microplitis croceipes* (Hymenoptera: Braconidae). *Arthropod Struct. Dev.*, 29: 231 –240.

Reitz S, Gao YL, Lei ZR, 2011. Thrips: pests of concern to China and the United States. *Agricultural Sciences in China*, 10(6): 867 –892.

Ren J, Lei ZR, Zhang LJ, Li HL, Hua L, 2006. The occurrences and damages of *Frankliniella occidentalis* in Beijing municipality. *China Plant Protection*, 26(5): 5 –7. [任洁，雷仲仁，张令军，李红玲，花蕾，2006. 北京地区西花蓟马发生为害调查研究. 中国植保导刊，26(5): 5 –7]

Sato K, Touhara K, 2009. Insect olfaction: receptors, signal transduction, and behavior. In: Meyerhof W, Korsching S eds. Chemosensory Systems in Mammals, Fishes, and Insects (Results and Problems in Cell Differentiation). Springer-Verlag Berlin, Heidelberg. 121 –138.

Schneider D, 1964. Insect antennae. *Annu. Rev. Entomol.*, 9: 103 –122.

Shields VDC, 2008. Ultrastructure of insect sensilla. In: Capinera JL ed. Encyclopedia of Entomology. 2nd ed. Springer-Verlag, New York. 4009 –4023.

Slifer EH, Sekhon SS, 1974. Sense organs on the antennae of two species of thrips (Thysanoptera, Insecta). *J. Morph.*, 143: 445 –450.

Tu HT, Zhang JY, Chen HJ, Guo XH, 2011. Scanning electron microscopic observation of sensilla on the antenna of *Scolothrips takahashii*. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 27(01): 162 –165. [涂洪涛，张金勇，陈汉杰，郭小辉，2011. 塔六点蓟马触角感受器的扫描电镜观察. 中国农学通报，27(01): 162 –165]

You ZH, Lu H, Zhang XS, Feng JN, Shi BC, Gong YJ, Huang DW, 2007. Molecular identification of the introduced western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Pergande) and other eight common thrips species (Thysanoptera: Thripidae). *Acta Entomol. Sin.*, 50(7): 720 –726. [游中华，路虹，张宪省，冯纪年，石宝才，宫亚军，黄大卫，2007. 入侵害虫西花蓟马及其他 8 种常见蓟马的分子鉴定. 昆虫学报，50(7): 720 –726]

Yuan CM, Zhi JR, Li JZ, Zhang Y, 2008. Investigation on the species of thrips in fields of vegetable in Guizhou Province. *China Plant

Protection, 28(7): 8－10.［袁成明，郅军锐，李景柱，张勇，2008. 贵州省蔬菜蓟马种类调查研究. 中国植保导刊，28(7)：8－10］

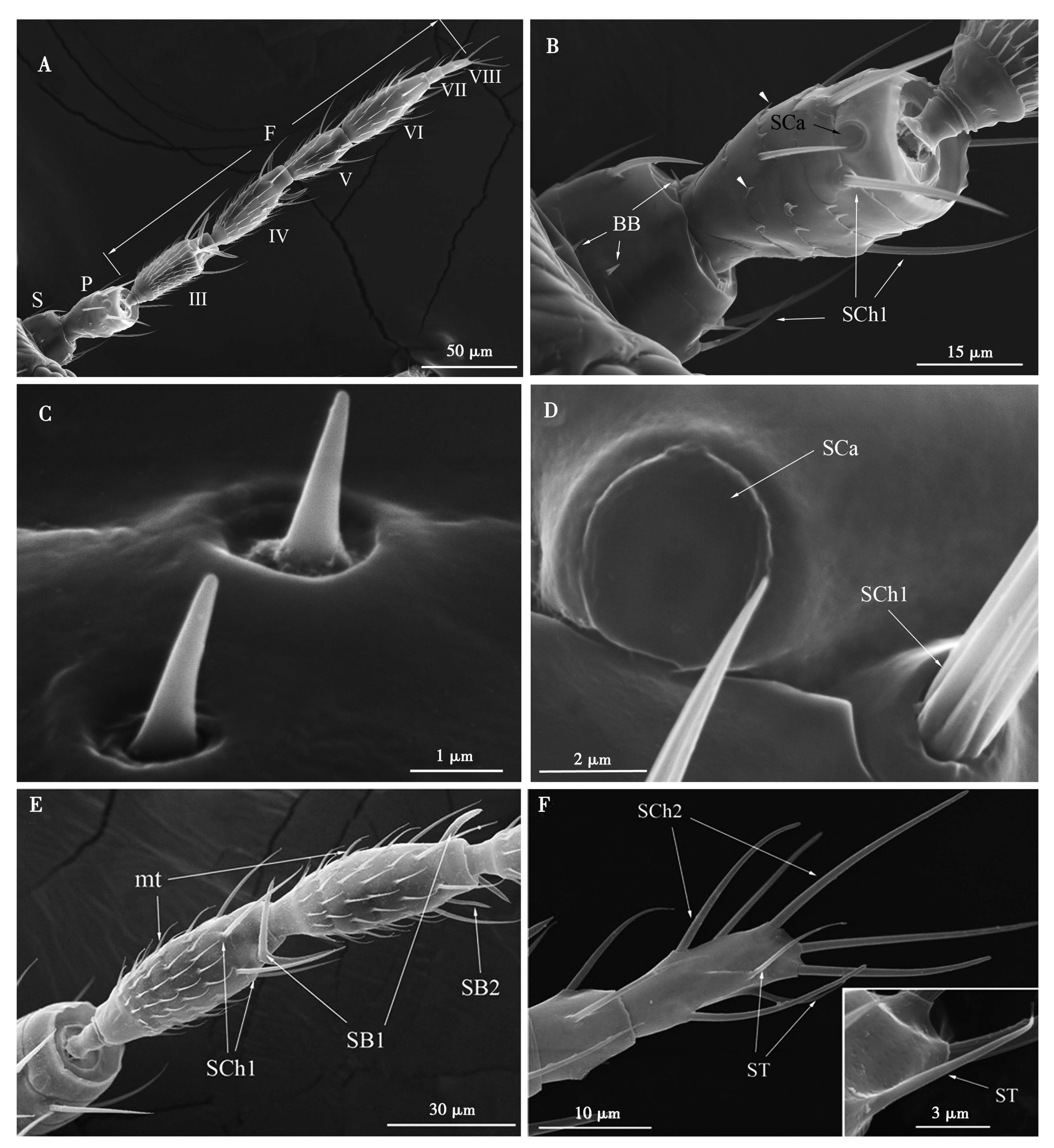
Zacharuk RY, 1985. Antennae and sensilla. In: Kerkut GA, Gilbert LI eds. Comprehensive Insect Physiology, Biochemistry and Pharmacology, Vol. 6. Pergamon Press, Oxford, UK. 1－69.

Zacharuk RY, Shields VD, 1991. Sensilla of immature insects. *Annu. Rev. Entomol.*, 36: 331－354.

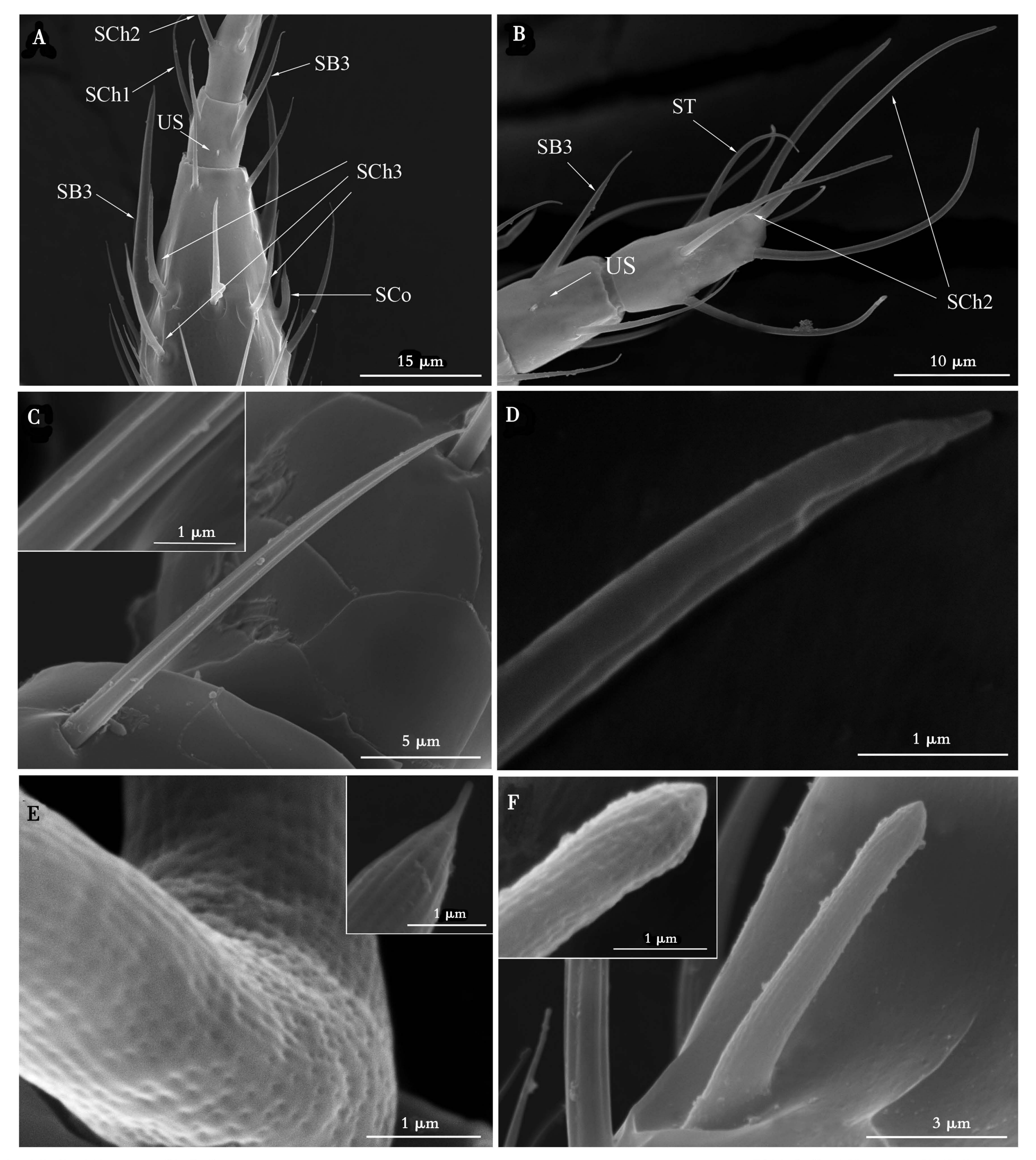
Zhang WQ, Zeng L, 2004. Identification of four thrips species. *Plant Quarantine*, 18(3): 149－152.［张维球，曾玲，2004. 4种花蓟马的鉴别. 植物检疫，18(3)：149－152］

Zhang YJ, Wu QJ, Xu BY, Zhu GR, 2003. Dangerous invasive species－the western flower thrips caused damage in Beijing. *Plant Protection*, 29(4): 58－59.［张友军，吴青君，徐宝云，朱国仁，2003. 危险性外来入侵生物——西花蓟马在北京发生危害. 植物保护，29(4)：58－59］

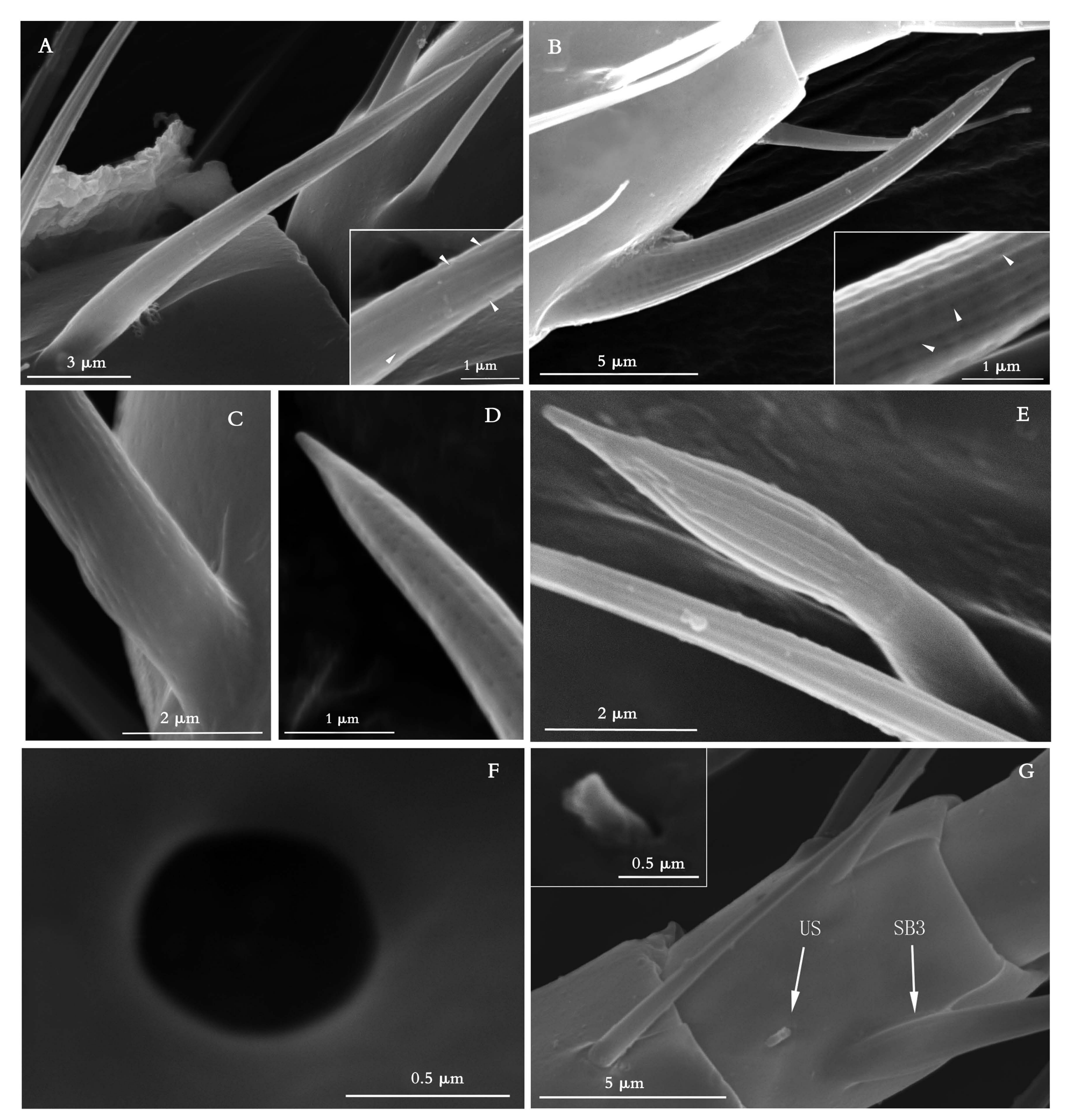
（责任编辑：袁德成）



A：雌性花蓟马触角背面观 Dorsal view of antennae of female *F. intonsa*；B：柄节和梗节背面观：白色箭头示梗节上的表皮齿 Dorsal view of scape and pedicel: white arrowheads show cuticular denticles in the pedicel；C：Böhm 氏鬃毛 Böhm bristles；D：钟形感器和具沟槽状表皮纹路基部的刺型感器 1 Sensilla campaniformia, the base with grooved surface of sensilla chaetica 1；E：触角第Ⅲ和Ⅳ节上感器 Sensilla on antennal segments Ⅲ and Ⅳ；F：触角第Ⅷ节感器 Sensilla on antennal segment Ⅷ. S：柄节 Scape；P：梗节 Pedicel；F：鞭节 Flagellum；BB：Böhm 氏鬃毛 Böhm bristles；SCa：钟形感器 Sensilla campaniformia；SCh1：刺型感器 1 Sensilla chaetica 1；ST：毛型感器 Sensilla trichodea；SB1：锥形感器 1 Sensilla basiconica 1；SB2：锥形感器 2 Sensilla basiconica 2；mt：微毛 Microtrichia.



A：雌性西花蓟马第Ⅵ～Ⅶ鞭节背面观 Dorsal view of flagellomeres Ⅵ－Ⅶ of female *F. occidentalis*；B：雌性花蓟马第Ⅶ～Ⅷ鞭节背面观，示第Ⅶ节上的特殊感器和锥形感器3，第Ⅷ节上的毛型感器和刺型感器2 Dorsal view of flagellomeres Ⅶ－Ⅷ of female *F. intonsa*: showing the unusual sensillum and sensilla basiconica 3 on the antennal segment Ⅶ, the sensilla trichodea and sensilla chaetica 2 on the segment Ⅷ；C：刺型感器1：框图示刺体表面纹路 Sensilla chaetica 1: the image in box show the surface of its shaft；D：刺型感器3的端部 The distal end of sensilla chaetica 3；E：锥形感器1：示多孔且膨大的基部和端部，框图示其端部特征 Sensilla basiconica 1, showing the multiporous, inflated base and the distal end；F：锥形感器2：框图示端部及其表面多孔的纹理 Sensilla basiconica 2: the image in box show the distal end and shaft with the multiporous surface. SCh1：刺型感器1 Sensilla chaetica 1；SCh2：刺型感器2 Sensilla chaetica 2；SCh3：刺型感器3 Sensilla chaetica 3；ST：毛型感器 Sensilla trichodea；SB1：锥形感器1 Sensilla basiconica 1；SB2：锥形感器2 Sensilla basiconica 2；SB3：锥形感器3 Sensilla basiconica 3；US：特殊结构感器 Unusual sensillum.



A：第Ⅴ节上的锥形感器3，白色箭头示其表面小孔 The sensilla basiconica 3 on segment Ⅴ: white arrowheads show the pores on the shaft；B：第Ⅵ节上的锥形感器3，白色箭头示其表面小孔 The sensilla basiconica 3 on segment Ⅵ: white arrowheads show the pores on the shaft；C–D：禾花蓟马触角第Ⅵ节上的锥形感器3，基部无明显膨大，端部相对粗短 The sensilla basiconica 3 on segment Ⅵ of *F. tenuicornis*: no obvious enlargement at base, relatively short in the end；E：腔锥形感器 Sensilla coeloconica；F：腔形感器 Sensilla cavity；G：特殊结构感器 Unusual sensillum. US：特殊结构感器 Unusual sensillum；SB3：锥形感器3 Sensilla basiconica 3.